

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELA NALINI SANTOS

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO SURUBIM DO IGUAÇU
(*Steindachneridion melanoderdatum*) SUBMETIDO AO TRANSPORTE COM
CLORETO DE SÓDIO

PONTAL DO PARANÁ

2013

GABRIELA NALINI SANTOS

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO SURUBIM DO IGUAÇU
(*Steindachneridion melanoderdatum*) SUBMETIDO AO TRANSPORTE COM
CLORETO DE SÓDIO

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Oceanografia, do Curso de Oceanografia, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof.º Dr. Fabiano Bendhack

PONTAL DO PARANÁ
2013

Aos meus pais Virginia e Dalmar, a minha grande amiga Marina e ao meu namorado Lucas, por sempre me incentivarem e me darem força para traçar o meu caminho e buscar os meus sonhos e objetivos com paciência, sabedoria, amor e fé.

AGRADECIMENTOS

À Estação Experimental de Estudos Ictiológicos da Usina Ney Braga (Salto Segredo), pertencente à Companhia Paranaense de Energia (COPEL), principalmente ao Luis Augusto Ludwig por disponibilizar os exemplares de surubim do Iguaçu.

Ao Laboratório de Pesquisas em Piscicultura da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), principalmente a Dra. Ana Paula Baldan por possibilitar a realização deste estudo, através da disponibilização do laboratório para a execução do experimento e análise das amostras e para tudo o que fosse necessário. Muito obrigada.

À professora MSc. Rita Maria Venancio Mangrich Rocha por ter disponibilizado o seu laboratório na Unidade Hospitalar para Animais de Companhia (PUC-PR) para a realização das análises iônicas.

Ao Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR) principalmente ao Rubens Chaguri de Oliveira e ao Gilberto Delinski Junior por disponibilizarem seu laboratório e contribuírem para a realização das análises de cortisol.

Ao meu orientador professor Dr. Fabiano Bendhack, por ter confiado e acreditado em mim quando eu mais precisei e por ter me proporcionado um trabalho tão gratificante. Obrigada pela dedicação e aprendizado.

Ao PhD. Alexandre Sachsida Garcia e ao MSc. André Pereira Cattani por aceitarem o convite para participar da banca avaliadora e contribuírem para a melhora deste trabalho.

Aos motoristas do CEM Alexandre e Aguinaldo por sempre estarem de bom humor, contribuindo para que o tempo das longas e intermináveis viagens passasse mais rápido.

Ao pessoal do laboratório GEPeixe, Ananda, Rolland, Waleska, Léo e Nádia, por todo o apoio e ajuda durante estes dois anos. As coletas nunca seriam as mesmas sem vocês.

À todos os meus colegas do GRR2009, sem dúvida a melhor sala em que eu poderia cair.

Aos meus grandes amigos Homero, Vitinho, Vitão, Grão, Nathy, Phellipe, Adrian, Bryan, Ícaro, Tintin, Pepe, Marcela, Maia, Dafne, Bruna, Fernanda, Noele, Cynthia, Nina pela companhia e amizade. Quero levar vocês comigo para sempre.

À Ana, Tia Stela e Lelian por terem entrado na minha vida e me darem uma nova família.

Ao Telmo, meu “papi” por tanto amor e carinho dedicado a mim.

AGRADECIMENTOS

À minha melhor amiga, irmã, corretora, Marina, pela ajuda, amizade, sinceridade e cumplicidade. Valeu por você existir amiga.

À minha avó Ely e a toda a minha família por todo amor e acolhimento dedicado a mim.

Ao meu pai, por todo amor, afeto, carinho e por me mostrar que devemos buscar nosso caminho de luz com sabedoria e simplicidade, pois afinal de contas as nossas dificuldades tem que ser vistas como pedrinhas e não montanhas. Amo você.

Ao meu namorado Lucas, por todo respeito, força, amor, cumplicidade, companheirismo e principalmente paciência. Meu porto seguro, com você tudo parece mais fácil. Amo você.

À minha mãe por ter dedicado o seu amor e a sua vida a mim. Dando-me a força necessária para buscar os meus sonhos através dos seus ensinamentos, incentivos e fé. Sempre acreditando em mim e mostrando que eu era capaz de superar os obstáculos com grandeza. Amo muito você.

“Sonhos sem riscos produzem conquistas sem méritos”

Augusto Cury

RESUMO

O presente estudo avaliou as respostas fisiológicas ao estresse em juvenis de surubim do Iguaçu, *Steindachneridion melanodermatum*, submetidos ao transporte, por aproximadamente 8 horas, com diferentes concentrações de cloreto de sódio. Os peixes foram acondicionados em três caixas de transporte com capacidade de 250 litros, em densidade de 600 peixes/m³ por caixa. As coletas de sangue foram realizadas antes e ao final do transporte e após a despesca com rede. O experimento é composto por cinco tratamentos: basal, pós-despesca, e três concentrações de cloreto de sódio (NaCl) dissolvidos na água de transporte antes da colocação dos peixes: 0, 0,4 e 0,8%. As respostas fisiológicas ao estresse foram determinadas utilizando os indicadores: cortisol, glicose, e sódio, potássio, cálcio e cloro séricos. Foram observadas alterações significativas no nível de cortisol plasmático, o qual aumentou após a captura com rede e manuseio, e tendeu a diminuir após o transporte, refletindo menores valores no tratamento com 0,4% de NaCl. A glicose plasmática não mostrou diferença significativa entre nenhum dos tratamentos. O tratamento pós-despesca apresentou efluxo significativo de sódio e o cloreto séricos do sangue, além de evidenciar as maiores concentrações de potássio. O cálcio sérico apresentou os maiores valores no tratamento que continha 0,8% de NaCl dissolvido na água de transporte. Os resultados indicaram que o sal na concentração de 0,4% mostrou uma tendência mitigadora da resposta ao estresse induzida pelo procedimento de transporte. Os manejos pré-transporte, como captura com rede e manuseio, induziram a respostas fisiológicas ao estresse mais severas do que o próprio transporte, refletidas através de alterações osmorregulatórias e pela liberação de cortisol plasmático no sangue dos juvenis de surubim do Iguaçu.

Palavras-Chave: Estresse, surubim do Iguaçu, transporte, despesca, sal.

ABSTRACT

The present study measured the physiological responses to stress in juveniles of the Iguaçu's surubim, *Steindachneridion melanoderdatum*, submitted to transport, for about 8 hours with different concentrations of sodium chloride. The fish were stocked in transport box with capacity of 250 liters in density of 600 fish/m³ per box. Blood samples were taken before and after the transport process and following the harvest. The experiment consisted of five treatments: basal, post-harvest, and three concentrations of sodium chloride (NaCl) dissolved in water before placing the fish in the transport box: 0, 0.4 and 0.8%. The physiological responses to stress were determined using the following indicators: cortisol, glucose and sodium, potassium, calcium and chloride serum. Significant changes were observed in plasma cortisol level, which increased after the harvest and handling the fishes. The concentration of cortisol tended to decrease after the transport, reflecting lower levels during treatment with 0.4 % NaCl. Plasma glucose showed no significant difference among any of the treatments. The post-harvest treatment presented significant efflux of sodium and chloride of the fishes blood, and greater levels of serum potassium. Serum calcium exhibited the highest values in the treatment containing 0.8 % of dissolved NaCl in water transport. These results indicated that the salt concentration of 0.4% showed a mitigating trend to stress response induced by procedures the transport. The pre-transport management well as harvest and handling the fishes samples, induced physiological responses to stress more severe than the actual transport, reflecting through osmoregulatory changes and release of cortisol in the blood plasma of juveniles Iguaçu's surubim .

Keyword: Stress, surubim do Iguaçu, transport, harvest, salt.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
2.1 PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	15
2.2 COLETA E ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	16
2.2 COLETA E ANÁLISE DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS	16
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	16
3 RESULTADOS	18
4 DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Na piscicultura intensiva o transporte de peixes vivos é uma atividade inevitável e fundamental. Além de transferências realizadas dentro do próprio cultivo, os organismos podem ser destinados a indústrias, estabelecimentos de engorda de peixes, pesca esportiva e venda a pescadores (KUBITZA, 1997; WEIRICH, 1997; BRANDÃO *et al.*, 2006;). Todos os organismos transportados devem estar em boas condições fisiológicas para satisfazer os critérios exigidos pelo consumidor (WURTS, 1995).

O transporte é considerado uma das etapas de maior importância na produção de peixes, pois quando mal planejado e executado, pode levar a alta mortalidade dos exemplares e consequente prejuízo ao produtor (OLIVEIRA & CYRINO), caracterizando-se como o agente estressor agudo mais nocivo da aquicultura (BARCELLOS *et al.*, 2000). Isso ocorre por ser um procedimento traumático, onde os peixes são afetados sequencialmente por diversos fatores estressores como: captura, carregamento, confinamento, manuseio, o próprio transporte, descarregamento, estocagem, e em sistemas fechados, a deterioração da qualidade da água (ROBERTSON *et al.*, 1998; GOMES *et al.*, 2003; SILVEIRA *et al.*, 2009; SERRA *et al.*, 2011).

Estes estressores podem diminuir a sanidade dos peixes, ocasionando eventualmente lesões e perda das barreiras naturais (muco e escamas), provocando assim estímulos que desencadeiam respostas fisiológicas de adaptações (KUBITZA, 2007). O transporte de peixes vivos e outras práticas rotineiras de sistemas de criação, somadas às condições de estresse impostas pelo ambiente natural, tornam-se potenciais estressores aos peixes (TAKAHASHI, *et al.*, 2006; BENDHACK, 2008; OBA *et al.*, 2009).

O estresse é o conjunto de mudanças compensatórias e adaptativas do organismo frente a estímulos intrínsecos ou extrínsecos, que visa manter ou reestabelecer a homeostase (BARTON E IWAMA, 1991, BARTON, 2002). O somatório destas alterações gera respostas que podem variar de acordo com a origem, intensidade e duração da exposição do peixe ao estressor (WEDEMEYER *et al.*, 1990; BARTON & IWAMA, 1991; TAKAHASHI *et al.*, 2006). Estas respostas

promovem alterações fisiológicas, bioquímicas e comportamentais nos peixes, consumindo e mobilizando uma demanda extra de energia na tentativa de evitar imediatamente as situações de ameaça (INOUE, 2005; SILVEIRA *et al.*, 2009; GONÇALVES *et al.*, 2010). São usualmente classificadas em primárias, secundárias e terciárias (MAZEAUD *et al.*, 1997).

A resposta primária se inicia a partir da percepção do agente estressor pelo hipotálamo e corresponde à liberação na circulação de corticosteróides (cortisol) pelas células interrenais – induzida pela produção do hormônio adrenocorticotrófico (ATCH) pela adenohipófise – e de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) pelas células cromafins – sendo definida como resposta neural e neuro-endócrina (MOMMSEN *et al.*, 1999; CARNEIRO & URBINATI, 2001; BENDHACK, 2008). A liberação destes hormônios promove ajustes metabólicos, hematológicos, hidrominerais e estruturais, em nível sanguíneo e de tecidos (BARTON & IWAMA, 1991; LIMA, *et al.*, 2006). Estas alterações correspondem à resposta secundária, e resultam no aumento dos batimentos cardíacos, da frequência respiratória, da absorção e transporte de oxigênio, da mobilização de substratos energéticos e em perturbações no balanço hidromineral (CARNEIRO & URBINATI, 2001; BALDISSEROTTO, 2009; OBA *et al.*, 2009). As terciárias podem se manifestar tanto em nível de população como de indivíduo e estão associadas a mudanças comportamentais, diminuição do crescimento e reprodução, e redução da resistência a doenças (WENDELAAR BONGA, 1997). Nesse estágio do estresse são observadas as reais perdas na produção de peixes (INOUE, 2005) (FIGURA 1).

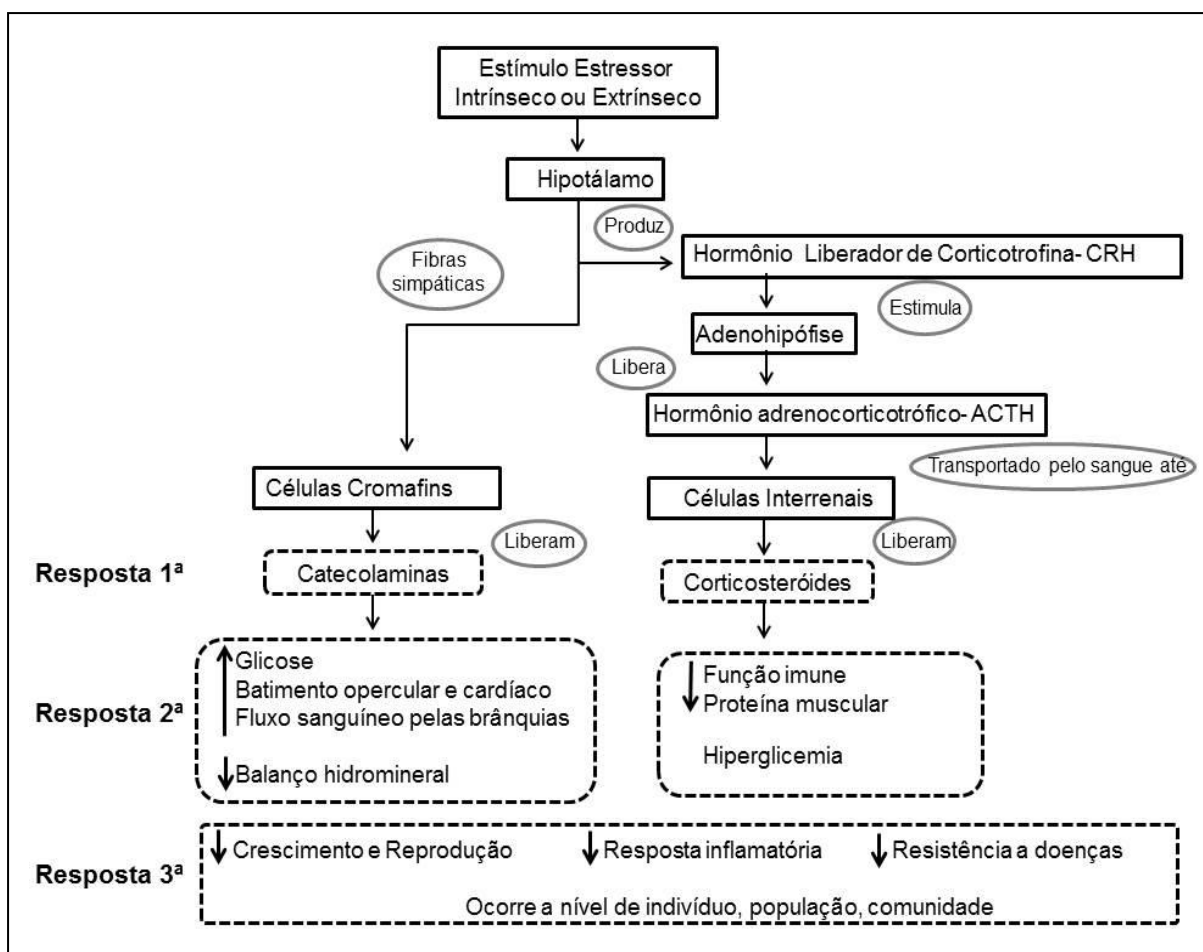


Figura 1. Fluxograma exemplificando o funcionamento da resposta fisiológica ao estresse em peixes adaptado de Mazeaud *et al.*, 1977 e de Wendelaar Bonga, 1997.

As catecolaminas e o cortisol são liberados rapidamente após a ocorrência de um estressor agudo. No entanto, o cortisol é o indicador mais utilizado para analisar a resposta primária ao estresse, pois as catecolaminas são metabolizadas mais rapidamente (BARTON & IWAMA, 1991; BARCELLOS *et al.*, 2000). Para a análise da resposta secundária, o indicador mais utilizado é a glicose plasmática, uma vez que a liberação das catecolaminas estimula a hidrólise da reserva de glicogênio no fígado, com o intuito de fornecer energia extra para suprir as necessidades energéticas impostas pela condição estressante, aumentando assim os níveis de glicose no sangue (WENDELAAR BONGA, 1997; MOMMSEN *et al.* 1999; BARCELLOS *et al.*, 2000, BALDISSEROTTO, 2009)

O manejo do transporte pode contribuir para o desequilíbrio osmótico dos organismos. Isto ocorre devido à liberação de catecolaminas, as quais aumentam a permeabilidade branquial, e devido à perda de muco ocasionada por injúrias físicas,

e ambas são responsáveis por aumentar a difusão iônica pela membrana celular (SILVEIRA *et al.*, 1999; KUBITZA, 2007). Na tentativa de minimizar os efeitos negativos impostos pelo transporte, a adição de cloreto de sódio (NaCl) na água de transporte vem sendo amplamente utilizada. O sal estimula a produção de muco sobre o epitélio branquial ajudando a recobrir lesões provenientes de práticas anteriores ao transporte (KUBITZA, 2007). Além disto, o sal permite a redução do gradiente osmótico entre o plasma do peixe e o ambiente externo, minimizando a difusão de íons para água durante o transporte, colaborando com a manutenção da homeostase e reduzindo o custo energético dos organismos com processos osmorregulatórios (WURTS, 1995; KUBITZA, 2007). Sendo assim íons como cloreto (Cl^-), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}) e potássio (K^+) são bons indicadores da ocorrência de desequilíbrio iônico

Tendo em vista a influência da adição de cloreto de sódio na água de transporte, acredita-se que essa substância reduz a mortalidade pós-transporte, causada pelo estresse osmorregulatório, minimiza a repartição energética induzida na tentativa de manter a homeostase, além de possuir efeito profilático, ser de fácil obtenção e ter baixo custo (WEIRICH, 1997; GOMES *et al.*, 2003; KUBITZA, 2007). Isso contribui para o aumento da segurança dos peixes durante e após o transporte (SOARES *et al.*, 2009).

O *Steindachneridion melanodermatum*, popularmente conhecido como surubim do Iguaçu, tem despertado interesse para a produção em cativeiro por apresentar bom desenvolvimento, teor de gordura semelhante ao da tilápia (FEIDEN, 2001), excelente qualidade de carne, ausência de espinhos intramusculares e bom rendimento de carcaça (BITTENCOURT *et al.* 2009b). Esta espécie foi registrada (GARAVELLO, 1991) e descrita recentemente (GARAVELLO, 2005). Pertence a ordem Siluriforme e pode atingir 70 cm de comprimento e 15 kg, sendo considerado o maior peixe do Rio Iguaçu (AGOSTINHO *et al.*, 2002; FEIDEN *et al.*, 2006a). Sua distribuição é restrita a bacia do Baixo Iguaçu (SEVERI & CORDEIRO, 1994; BITTENCOURT *et al.*, 2009b), sendo seu endemismo ocasionado por isolamentos geográficos como corredeiras, e pelo estabelecimento de represas na região (FEIDEN *et al.*, 2006a). Por ser raramente capturado, é classificado como um peixe ameaçado de extinção, o que gera necessidade de medidas de proteção (AGOSTINHO *et al.*, 1999; BITTENCOURT *et al.*, 2009b). Com a depleção dos estoques naturais se fazem necessárias ações que favoreçam a sua

criação em cativeiro (BITTENCOURT *et al.*, 2009a) a fim de garantir a manutenção e recuperação desta espécie.

Para que a produção de *S. melanodermatum* se concretize, é necessário o conhecimento de seus aspectos biológicos, seus hábitos alimentares e a influência dos fatores ambientais sobre seu desenvolvimento (NAKATANI *et al.*, 2001; FEIDEN *et al.*, 2005). Estudos relacionados ao seu comportamento em cativeiro e sua fisiologia são escassos, porém necessários para avaliar o potencial da espécie no que diz respeito ao uso na piscicultura e no repovoamento no ambiente natural (FEIDEN *et al.*, 2006b ; BITTENCOURT *et al.*, 2009b).

A piscicultura, como qualquer outra prática de cultivo, visa produzir pescados de boa qualidade, minimizando gastos e maximizando os lucros. Com o aumento do interesse pelo cultivo de surubim do Iguaçu, se faz necessário o conhecimento de suas alterações fisiológicas quando submetidos a um agente estressor ou a um condicionamento ao estresse. Isto contribui para mitigar os efeitos das respostas ao estresse, preservando a saúde dos organismos, e garantindo a escolha da gestão adequada de transporte para esta espécie e a eficiência do seu ciclo de produção em cativeiro.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Testar a eficiência do cloreto de sódio (NaCl) na mitigação da resposta ao estresse induzida pelo processo de transporte, em juvenis de Surubim do Iguaçu.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Estudos Ictiológicos (EEEI) da Usina Ney Braga (Salto Segredo), pertencente à Companhia Paranaense de Energia (COPEL), e no Laboratório de Pesquisas em Piscicultura (LAPEP) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR).

Foram utilizados 460 exemplares de juvenis de surubim do Iguaçu, *Steindachneridion melanodermatum*, com peso médio e desvio padrão de $57,6 \pm 9,3$ g e comprimento padrão de $14,6 \pm 0,8$ cm. Após um período de depuração de 24 horas no EEEI, foram retirados aleatoriamente 8 exemplares do viveiro do EEEI para a medição do impacto da despesca (captura com rede e manuseio) nos indicadores de estresse. Outros 450 peixes foram subdivididos e acondicionados em três caixas de transporte, com capacidade total de 250 litros, totalizando uma densidade de 600 peixes/m³ por caixa. Os peixes foram transportados com o auxílio de uma caminhonete por aproximadamente 8 horas e as caixas de transporte fechadas possuíam abastecimento de oxigênio através de um cilindro. Após o transporte, os peixes passaram por um período de aclimação de 2 meses no LAPEP, em sistema de recirculação composto por tanques de fibra de vidro, com capacidade de 1000L e densidade de 20 peixes/m³, com o intuito de realizar a medição dos níveis basais das variáveis fisiológicas dos organismos sem que existisse nenhuma influência de estresse. Para isso, foram retirados 8 peixes aleatoriamente do tanque. O experimento é composto por cinco tratamentos: basal, pós-despesca, e três concentrações de cloreto de sódio (NaCl) dissolvidos na água de transporte antes da colocação dos peixes: 0, 0,4 e 0,8%. Foram retirados, aleatoriamente, 8 exemplares de peixe de cada tratamento submetido ao transporte para a medição dos parâmetros fisiológicos. Todas as amostragens aleatórias correspondem às réplicas.

2.2 COLETA E ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Amostras de água foram coletadas após 50, 80, 140, 260 e 470 minutos de transporte, para análise da concentração de amônia pelo método Indofenol (Kit LabconTest), de oxigênio dissolvido (oxímetro YSI-85 EUA) e para medições da temperatura (oxímetro YSI-85 EUA)

2.2 COLETA E ANÁLISE DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

Para avaliação da resposta fisiológica dos juvenis de surubim do Iguaçu ao estresse, as réplicas dos tratamentos foram retiradas rapidamente e anestesiadas em água com benzocaína em concentração de 0,06 g/L, a qual foi suficiente para que o animal entra-se em repouso sem que ocorresse uma paralização do seu batimento opercular. O sangue foi retirado dos peixes por punção da veia caudal, com auxílio de seringas sem anticoagulante. Uma alíquota de sangue foi acondicionada em tubo de coleta contendo EDTA Fluoretado para impedir a glicólise, centrifugada (5000rpm por 10 minutos) e armazenada em freezer (-20°C) para avaliação da concentração de glicose por reagente de trinder- método colorimétrico enzimático Analisa. A outra alíquota foi centrifugada (5000rpm por 10 minutos) para obtenção de soro e armazenada em freezer (-20°C) para a análise de cortisol pelo método elisa imunoensaio enzimático por competição (*Kit* DRG cortisol Elisa), de cloreto pelo método clorolimétrico (*Kit* Bioclin) e de sódio, potássio e cálcio através da máquina de eletrodo seletivo de íons da marca Drake.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (basal; pós-despesca; 0, 0,4 e 0,8% de NaCl). Cada tratamento era composto por 8 réplicas. As variáveis dependentes medidas e relacionadas com os diferentes

tratamentos foram: cortisol, glicose, cloreto, sódio, cálcio e potássio. Para cada uma destas variáveis foi realizada uma análise de variância de uma via (ANOVA). Os pressupostos exigidos para a execução da ANOVA, normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias, foram testados através dos testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett, respectivamente. Os dados de potássio sérico não possuíam distribuição normal, com isso foram transformados através de função logarítmica a fim de atingir a normalidade destes dados. As médias das variáveis que atingiram probabilidade de significância $<0,05$ foram comparadas pelo teste Post-Hoc de Tukey.

Todos os dados obtidos foram analisados com o auxílio do software livre RStudio 0.95.263, e os gráficos foram gerados com o software Excel 2010.

3 RESULTADOS

Não foi observada mortalidade durante todo o experimento. Os valores médios com desvio padrão de temperatura, oxigênio dissolvido e amônia, obtidos do viveiro do EEEI foram, respectivamente, 21,2°C; 5,95 mgL⁻¹ e 0,08 mgL⁻¹. Durante o transporte de juvenis de surubim do Iguaçu o valor médio da temperatura foi 22,35±0,64 °C e do oxigênio dissolvido 7,8±4,17 mgL⁻¹. Os valores máximos de concentração de amônia nas águas das caixas de transporte foram encontrados ao final do experimento, após 470 minutos de transporte. O tratamento com 0% de NaCl dissolvido na água apresentou a maior concentração de amônia total 1,12 mgL⁻¹ seguido pelos tratamentos com 0,4% (0,90 mgL⁻¹) e 0,8 % de NaCl (0,63 mgL⁻¹).

O nível médio de cortisol circulante foi maior na pós-despesca, 112,1±13,96 ngmL⁻¹ (média ± erro padrão), e menor no tratamento que continha 0,4% de cloreto de sódio na água de transporte (39,2±9,61ngmL⁻¹). Embora exista diferença significativa apenas entre o tratamento 0,4% em relação aos tratamentos basal e pós-despesca, os níveis de cortisol tenderam a diminuir após o transporte. Dentre as caixas de transporte a que apresentou o valor mais elevado de cortisol, 72,4±21,11 ngmL⁻¹, foi o tratamento com 0% de NaCl (Figura 2; Tabela 1) .

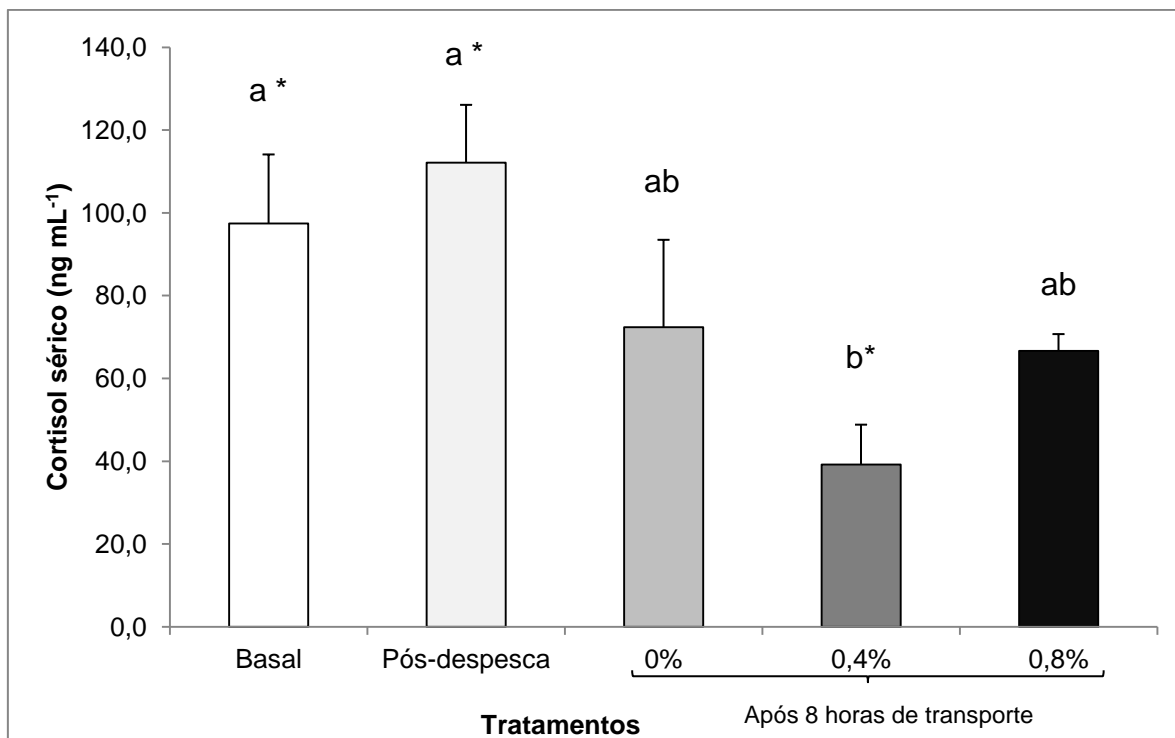


Figura 2. Valores médios de cortisol sérico em *Steindachneridion melanodermatum* nos tratamentos basal, pós-despesca e após 8 horas de transporte em água com adição de NaCl em concentrações de 0; 0,4 e 0,8%. Letras diferentes entre si indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre tratamentos. Letras iguais indicam ausência de diferença significativa entre tratamentos. Barras verticais representam erro padrão da média ($n=8$). Asterisco (*) indica que a diferença estatística entre os tratamentos é a nível de significância de p valor $< 0,05$.

Tabela 1. Tabela da análise de variância (ANOVA) dos valores de cortisol sérico em *Steindachneridion melanodermatum* entre os tratamentos: inicial, pós-despesca e as três concentrações de NaCl dissolvidas nas caixas de transporte 0; 0,4 e 0,8%. Onde GL= grau de liberdade; Soma SQ= soma dos quadrados; Média SQ= quadrado médio; Valor de F= distribuição F de Fisher; p valor= probabilidade de significância. Asterisco (*) indica que a diferença estatística é em nível de significância de P valor $< 0,05$.

Fonte	GL	Soma SQ	Média SQ	F	P valor
Tratamentos	4	22516	5629	3,467	0,0173*
Resíduo	35	56831	1624		

As concentrações de glicose plasmática no sangue não diferiram significativamente entre os tratamentos. No entanto, o tratamento com 0% de adição de sal obteve o nível mais alto de glicose ($41,9 \pm 43,79$ mgdL⁻¹) enquanto o tratamento basal o menor nível ($33,5 \pm 2,09$ mgdL⁻¹) (Figura 3; Tabela 2).

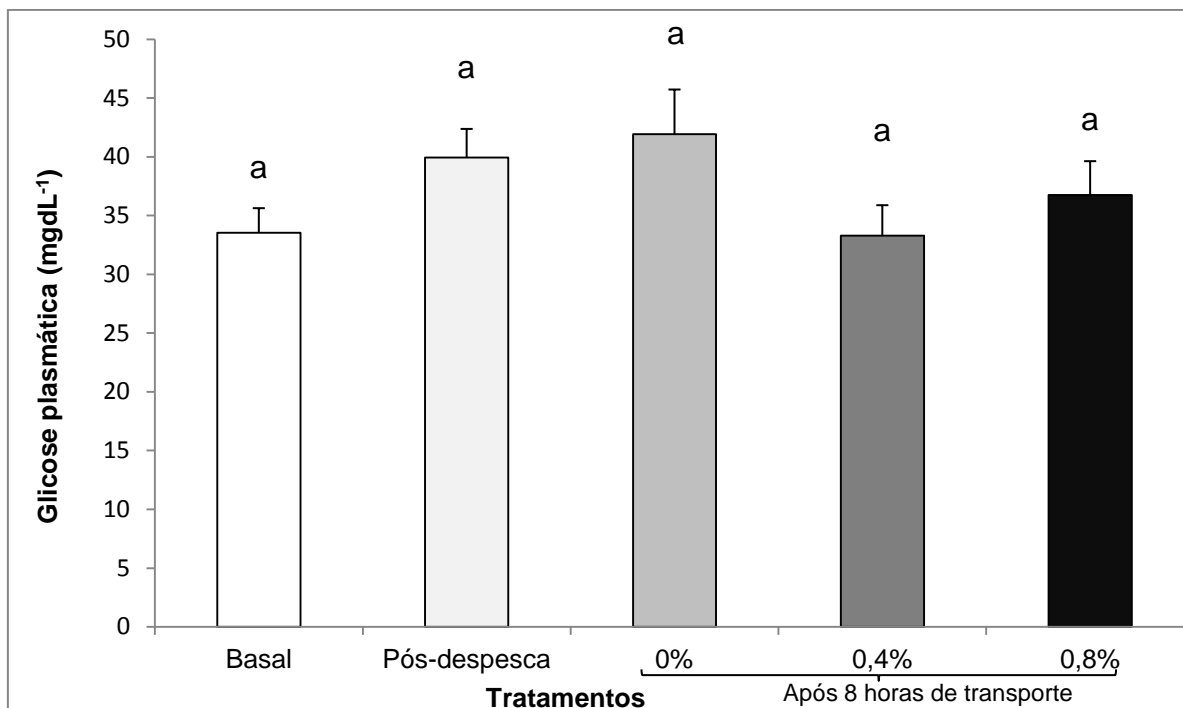


Figura 3. Valores médios de glicose plasmática em *Steindachneridion melanodermatum* nos tratamentos basal, pós-despesca e após 8 horas de transporte em água com adição de NaCl em concentrações de 0; 0,4 e 0,8%. Letras iguais entre si indicam que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Barras verticais representam erro padrão da média ($n=8$).

Tabela 2. Tabela da análise de variância (ANOVA) dos valores de glicose plasmática em *Steindachneridion melanodermatum* entre os tratamentos: inicial, pós-despesca e as três concentrações de NaCl dissolvidas nas caixas de transporte 0; 0,4 e 0,8%. Onde GL= grau de liberdade; Soma SQ= soma dos quadrados; Média SQ= quadrado médio; Valor de F= distribuição F de Fisher; P valor= probabilidade de significância.

Fonte	GL	Soma SQ	Média SQ	F	P valor
Tratamentos	4	469,8	117,5	3,467	0,152
Resíduos	35	2292,7	65,5		

O cloreto sérico decaiu na pós-despesca ($113,4 \pm 2,97 \text{ mmolL}^{-1}$) e após o transporte aumentou proporcionalmente à elevação na concentração de NaCl dissolvido na água da caixa de transporte. O maior valor encontrado foi no tratamento que continha 0,8% de cloreto de sódio ($120,8 \pm 1,20 \text{ mmolL}^{-1}$) (Figura 4; Tabela 3).

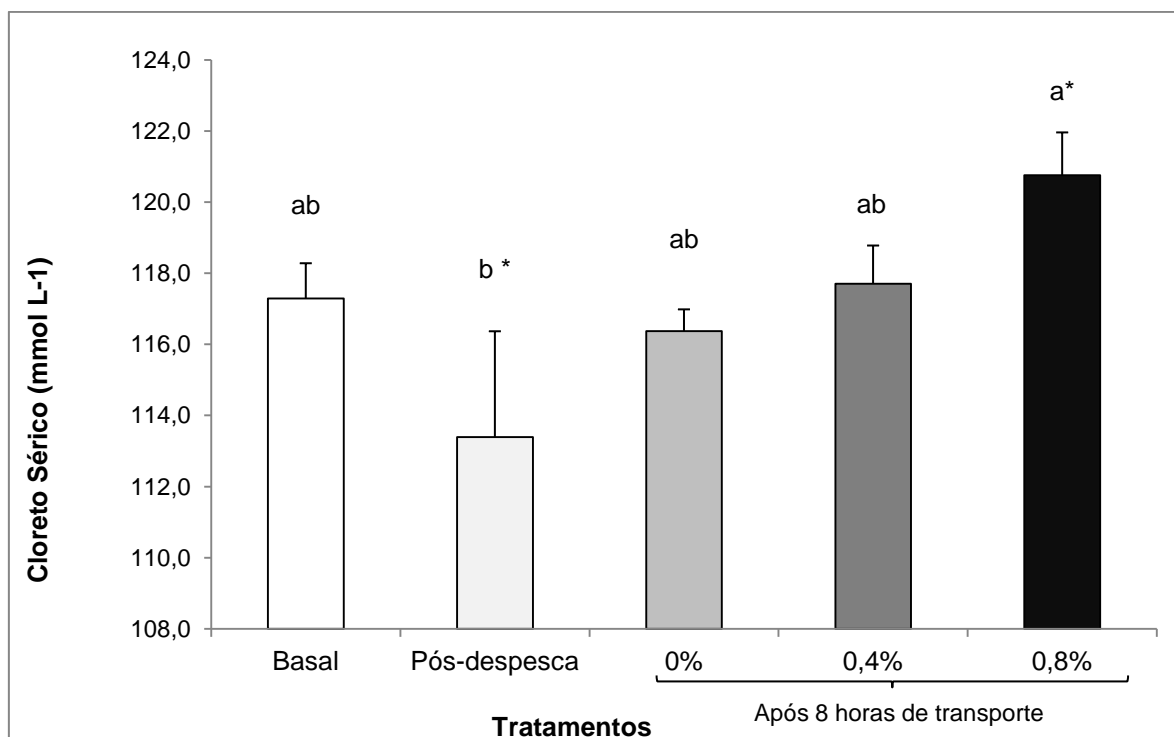


Figura 4. Valores médios de cloreto sérico, em *Steindachneridion melanoderdatum* nos tratamentos basal, pós-despesca e após 8 horas de transporte em água com adição de NaCl em concentrações de 0; 0,4 e 0,8%. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre tratamentos. Barras verticais representam erro padrão da média ($n=8$). Asterisco (*) indica que a diferença estatística é em nível de significância de p valor $< 0,05$.

Tabela3. Tabela da análise de variância (ANOVA) dos valores de cloreto sérico em *Steindachneridion melanoderdatum* entre os tratamentos: inicial, pós-despesca e as três concentrações de NaCl dissolvidas nas caixas de transporte 0; 0,4 e 0,8%. Onde GL= grau de liberdade; Soma SQ= soma dos quadrados; Média SQ= quadrado médio; Valor de F= distribuição F de Fisher; P valor= probabilidade de significância. Asterisco (*) indica que a diferença estatística é em nível de significância de p valor $< 0,05$.

Fonte	GL	Soma SQ	Média SQ	F	P valor
Tratamentos	4	224,8	56,21	2,745	0,0437*
Resíduos	35	716,6	20,47		

A concentração sérica de sódio diferiu significativamente entre todos os tratamentos. O valor na pós-despesca ($139,5 \pm 0,42$ mmol L⁻¹) foi menor do que nos tratamentos que foram submetidos ao transporte. O maior valor encontrado foi no tratamento 0,8% ($150,3 \pm 0,41$ mmol L⁻¹) (Figura 5; Tabela 4).

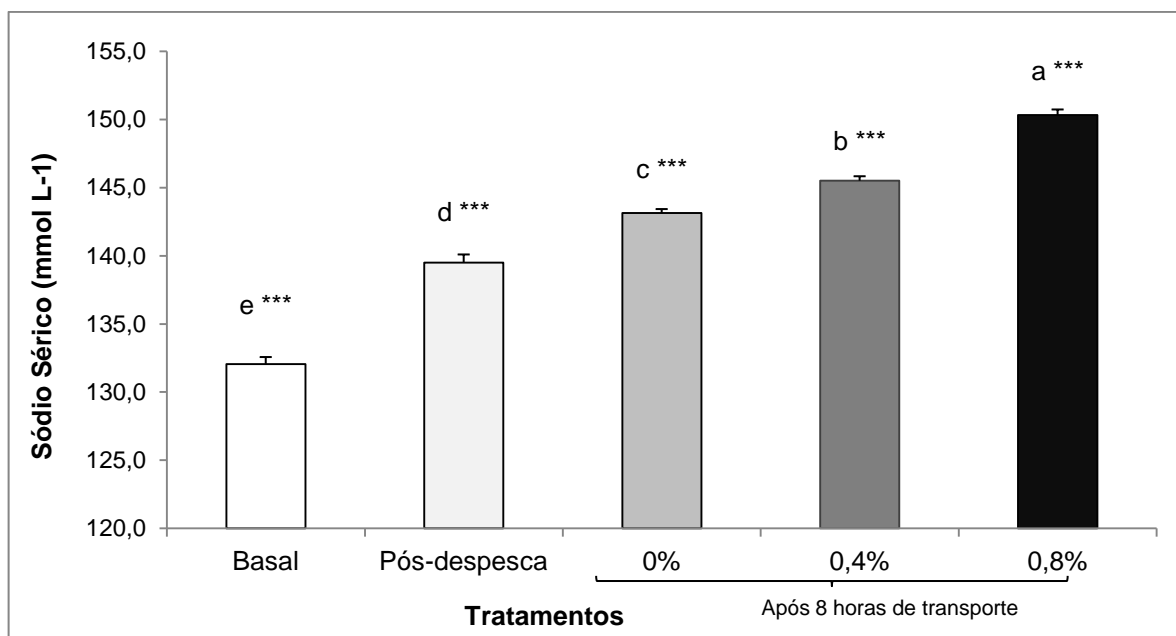


Figura 5. Valores médios de sódio sérico em *Steindachneridion melanoderdatum* nos tratamentos basal, pós-despesca e após 8 horas de transporte em água com adição de NaCl em concentrações de 0; 0,4 e 0,8%. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre tratamentos. Barras verticais representam erro padrão da média ($n=8$). Asterisco (***) indica que a diferença estatística é em nível de significância de p valor $< 0,001$.

Tabela 4. Tabela da análise de variância (ANOVA) dos valores de sódio sérico em *Steindachneridion melanoderdatum* entre os tratamentos: inicial, pós-despesca e as três concentrações de NaCl dissolvidas nas caixas de transporte 0; 0,4 e 0,8%. Onde GL= grau de liberdade; Soma SQ= soma dos quadrados; Média SQ= quadrado médio; Valor de F= distribuição F de Fisher; P valor= probabilidade de significância. Asterisco (***) indica que a diferença estatística é em nível de significância de p valor $< 0,001$.

Fonte	GL	Soma SQ	MédiaSQ	Valor de F	P valor
Tratamentos	4	1522,7	380,7	283.1	$< 2e-16^{***}$
Resíduos	35	47,1	1,3		

A concentração sérica de cálcio apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) apenas entre os tratamentos com 0 e 0,8% de NaCl na água de transporte, os quais apresentaram o menor ($2,6 \pm 0,20 \text{ mgdL}^{-1}$) e o maior ($4,0 \pm 0,32 \text{ mgdL}^{-1}$) valor, respectivamente (Figura 6; Tabela 5).

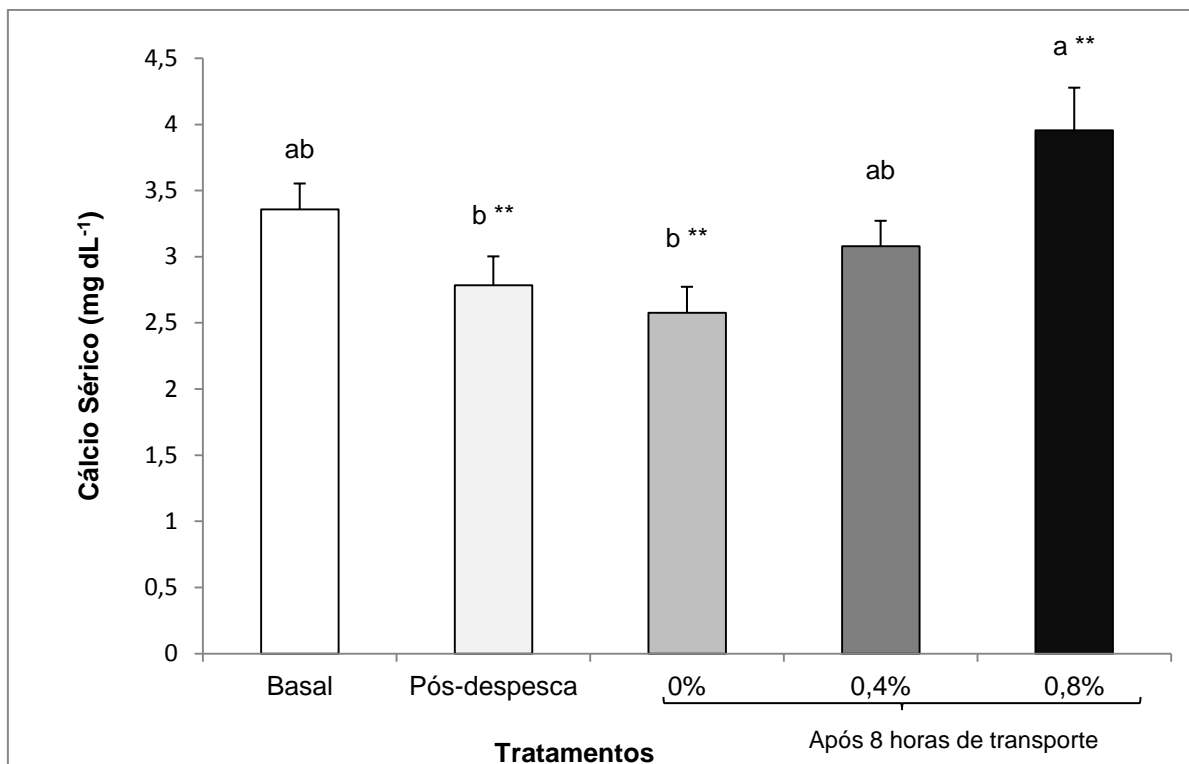


Figura 6. Valores médios de cálcio sérico em *Steindachneridion melanoderdatum* nos tratamentos basal, pós-despesca e após 8 horas de transporte em água com adição de NaCl em concentrações de 0; 0,4 e 0,8%. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre tratamentos. Barras verticais representam erro padrão da média ($n=8$). Asterisco (**) indica que a diferença estatística é em nível de significância de p valor $< 0,01$.

Tabela 5. Tabela da análise de variância (ANOVA) dos valores de cálcio sérico em *Steindachneridion melanoderdatum* entre os tratamentos: inicial, pós-despesca e as três concentrações de NaCl dissolvidas nas caixas de transporte 0; 0,4 e 0,8%. Onde GL= grau de liberdade; Soma SQ= soma dos quadrados; Média SQ= quadrado médio; Valor de F= distribuição F de Fisher; P valor= probabilidade de significância. Asterisco (**) indica que a diferença estatística é em nível de significância de p valor $< 0,01$.

Fonte	GL	Soma SQ	Média SQ	F	P valor
Tratamentos	4	9,279	2,3197	5,295	0,00192**
Resíduos	35	15,334	0,4381		

O valor mais elevado de potássio sérico foi no tratamento pós-despesca ($6,7 \pm 0,22 \text{ mmol L}^{-1}$) seguido por uma queda brusca na concentração deste íon após o transporte, retornando a valores abaixo do basal. As médias dos tratamentos submetidos ao transporte diferiram significativamente dos tratamentos pós-despesca e basal (Figura 7; Tabela 6).

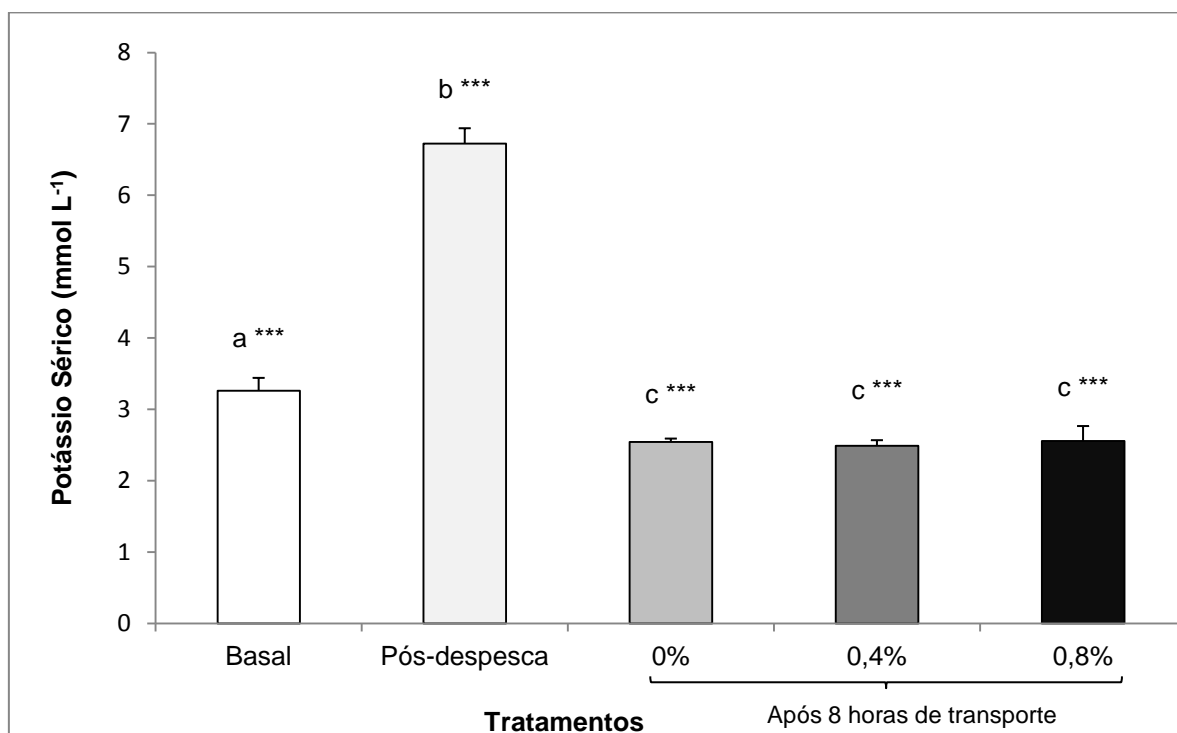


Figura 7. Valores médios de potássio sérico em *Steindachneridion melanoderdatum* nos tratamentos basal, pós-despesca e após 8 horas de transporte em água com adição de NaCl em concentrações de 0; 0,4 e 0,8%. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre tratamentos. Barras verticais representam erro padrão da média ($n=8$). Asterisco (***) indica que a diferença estatística é em nível de significância de p valor $< 0,001$.

Tabela 6. Tabela da análise de variância (ANOVA) dos valores de potássio sérico em *Steindachneridion melanoderdatum* entre os tratamentos: inicial, pós-despesca e as três concentrações de NaCl dissolvidas nas caixas de transporte 0; 0,4 e 0,8%. Onde GL= grau de liberdade; Soma SQ= soma dos quadrados; Média SQ= quadrado médio; Valor de F= distribuição F de Fisher; P valor= probabilidade de significância. Asterisco (***) indica que a diferença estatística é em nível de significância de p valor $< 0,001$.

Fonte	GL	Soma SQ	Média SQ	F	P valor
Tratamentos	4	5,746	1,4364	84,83	$< 2e-16^{***}$
Resíduos	35	0,576	0,0169		

4 DISCUSSÃO

Os valores médios de temperatura obtidos durante o transporte de juvenis de surubim do Iguaçu ($22,35 \pm 0,64^{\circ}\text{C}$) não apresentaram grande variação em relação à temperatura medida no viveiro da Estação Experimental de Estudos Ictiológicos, que foi $21,2^{\circ}\text{C}$. Isto favorece a adaptação do peixe ao transporte por evitar um choque térmico, o que poderia provocar uma situação estressante aos peixes devido às adaptações fisiológicas exigidas pela alteração da temperatura. Além disto, a variação está dentro dos valores considerados ideais para o Jundiá, *Rhamdia quelen*, o qual também pertence à ordem Siluriforme e ocorre na mesma bacia hidrográfica. Bittencourt *et al.*, 2010 concluíram que uma temperatura de até 25°C pode ser utilizada no transporte de alevinos de *Rhamdia quelen* sem que os animais sofram danos e efeitos fisiológicos, uma vez que o jundiá suporta um amplo gradiente de temperatura (LERMEN *et al.*, 2004). A concentração de oxigênio dissolvido (OD) obtida durante o transporte foi de $7,8 \pm 4,17$ mg/L e está dentro do padrão encontrado para o Jundiá, o qual suporta alto gradiente de OD e apresenta melhor desenvolvimento em concentração de 5,4 mg/L (MAFEZZOLI & NUÑER, 2006).

Os níveis de amônia se elevaram com o tempo de transporte, assim como esperado, devido ao metabolismo (GONÇALVES *et al.*, 2010) e, conseqüentemente, da excreção e acumulação de compostos nitrogenados nas caixas de transporte. A maior concentração de amônia em todo o experimento foi de $1,12 \text{ mgL}^{-1}$, a qual se encontra abaixo do valor crítico descrito para outro siluriforme o bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*) que é de $2,4 \text{ mgL}^{-1}$ (TOMASSO, 1994). Não foram atingidos altos níveis de amônia no experimento, isto pode ter acontecido devido ao jejum de 24 horas pré-transporte, além do correto estabelecimento da densidade de peixes utilizada.

A qualidade da água influencia o bem-estar dos peixes durante o transporte (WEIRICH, 1997). No entanto, diversos estudos têm demonstrado a influência dos processos pré-transporte, como manuseio, captura e carregamento, no sucesso da locomoção e nas respostas fisiológicas ao estresse pelos peixes, sendo esses considerados estressores mais graves do que o próprio transporte (JOHNSON & METCALF, 1992; IVERSEN *et al.*, 1998). Isto fica evidente no presente experimento,

uma vez que os maiores valores de cortisol foram encontrados no tratamento pós-despesca ($112,1 \pm 13,96 \text{ ng mL}^{-1}$). O cortisol também aumentou rapidamente após a exposição à manipulação e captura em estudos com bagre-do-canal, *Ictalurus punctatus* (DAVIS & PARKER 2011), jundiá, *Rhamdia quelen* (BARCELLOS *et al.*, 2001), pescada, *Sciaenops ocellatus* (ROBERTSON *et al.*, 1987), perca, *perca fluviatilis* (ACERETE *et al.*, 2004), truta primavera, *Salvelinus fontinalis* (BIRON & BENFEY, 1994), truta arco-íris, *Salmo gairdneri* (FLOS *et al.*, 1988) e carpa comum *Cyprinus carpio* (RUANE *et al.*, 2001). Por outro lado, os valores de cortisol no experimento decaíram após o transporte, mostrando que este processo serviu como recuperador dos níveis de cortisol circulantes nos exemplares de *S. melanoderdatum*. Corroborando com este resultado, estudos com salmão, *Salmo Salar* L. (IVERSEN *et al.*, 1998) e mandi, *Pimelodus maculatus* (ADAMANTE, 2005) também evidenciaram que o tempo de transporte mais longo proporcionou melhor condição fisiológica dos peixes, diminuindo os valores de cortisol e demonstrando um padrão comum ao que estressores agudos costumam ocasionar: a busca pelo retorno aos níveis basais (ADAMANTE, 2005). O tratamento pós-despesca, devido à manipulação e a captura, foi um estressor agudo mais agravante aos exemplares de surubim em relação ao próprio transporte, o qual contribuiu para a diminuição nos níveis de cortisol circulante.

O sal mostrou uma tendência mitigadora ao estresse induzido pelo transporte, pois mesmo que não tenha sido encontrada diferença significativa entre os tratamentos submetidos ao transporte, o tratamento com 0,4% de NaCl apresentou o menor nível de cortisol circulante de todo o experimento. Outros trabalhos demonstram a eficiência mitigadora do sal no estresse provocado pelo transporte. Com uma concentração de 0,6% de NaCl dissolvido na água de transporte, foi possível mitigar o estresse de matrinxã, *Brycon Cephalus* (CARNEIRO & URBINATI, 2001) e de tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (OLIVEIRA *et al.*, 2009), e com uma concentração de 8g/L de NaCl, em tambaquis (GOMES *et al.*, 2003). Além de minimizar os efeitos do estresse ocasionado pelo transporte, a capacidade profilática do sal deve ser considerada (KUBITZA, 2007).

Outra via de explicação para a diminuição do cortisol após o transporte pode ser a influência da presença de luz. As coletas de sangue dos tratamentos basal e pós-despesca foram realizadas a luz do dia e as coletas após o transporte realizadas no período da noite. Além disto, o transporte foi realizado em caixas de

fibra de vidro fechadas, que permitiram a manutenção dos exemplares de peixe em ambiente escuro por 8 horas. A luz é responsável pelo controle dos ciclos endógenos do metabolismo e de atividades de sustentação dos peixes (BRITZ & PIENAAR, 1992). O surubim do Iguaçu possui fototaxia negativa e normalmente habita fundo de rios onde a luminosidade é reduzida (FEIDEN *et al.*, 2006b), consequentemente, a luz pode se tornar um potencial estressor a esta espécie de peixe. Estudos realizados com larvas de *S. melanoderdatum* evidenciam a preferência desta espécie em habitar ambientes escuros e sem refúgio, que lhes permitem maior taxa de crescimento e sobrevivência, devido à diminuição da agressividade e consequentemente da predação intraespecífica (FEIDEN *et al.*, 2006b).

Estudos com outras espécies de Silurídeos demonstram a aversão desta ordem a ambientes com alta intensidade luminosa. Larvas e juvenis do bagre africano, *Clarias gariepinus*, possuem fotoperíodo negativo e demonstram preferência pelo ambiente escuro, o qual reduz a atividade de natação e consequentemente a probabilidade de encontro entre os organismos, diminuindo assim, a agressividade, o canibalismo e o gasto energético com locomoção, permitindo o direcionamento da energia para atividades como o crescimento (BRITZ & PIENAAR, 1992; APPELBAUM & MCGEER, 1998; HOSSAIN *et al.*, 1998; ALMAZÁN-RUEDA *et al.*, 2004; ALMAZÁN-RUEDA *et al.*, 2005). Almazán-Rueda *et al.*, 2005 observaram um aumento do cortisol em larvas de bagre africano expostas à luz intensa. Para o bagre chinês, *Leiocassis longirostris* (HAN *et al.*, 2005), alevinos de *Rhamdia quelen* (PIAIA *et al.*, 1999), e juvenis de pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (FAGUNDES & URBINATI, 2008), a presença de intensidade de luz também foi prejudicial.

Os níveis de glicose plasmática não apresentaram diferença significativa entre nenhum dos tratamentos, mas acompanharam a tendência de elevação dos níveis de cortisol. A imposição do estressor agudo na pós-despesca tendeu a elevar os níveis de glicose plasmática nos peixes, e este aumento continuou refletindo nos tratamentos submetidos ao transporte. O acréscimo da glicose frente a situações de estresse agudo ocorre principalmente em função da liberação de catecolaminas, as quais possuem ação glicogênica, e através da glicogenólise, liberam glicose pelo fígado (WENDELAAR BONGA, 1997), sendo esta a principal reserva de carboidratos nos peixes (LABARRÈRE *et al.*, 2013). O cortisol contribui para a

manutenção da hiperglicemia, através da gliconeogênese a partir de aminoácidos (LABARRÈRE *et al.*, 2013). Ambos os processos são realizados na tentativa de prover energia extra para o organismo e assim suprir à demanda energética exigida pela resposta comportamental ao estímulo estressor (WENDELAAR BONGA, 1997; IWAMA *et al.*, 2004).

A ausência de diferença significativa nos níveis de glicose plasmática entre os tratamentos no presente experimento já foi relatada para outras espécies, como por Acerete *et al.*, 2004, que observou que a *Perca fluviatilis* não apresentou alteração significativa nos níveis de glicose após captura, mas somente após 2 dias da realização do transporte. Os autores afirmam que esta espécie necessita de um tempo maior de exposição a este tipo de estressor para que ocorra a quebra do glicogênio hepático em resposta ao estresse. Srivastava & Choudhary, 2010 não encontraram alterações na glicose plasmática ao expor o catfish *Clarias batrachus* a diferentes fotoperíodos, sugerindo que os níveis inalterados de glicose podem estar relacionados com a duração e natureza do estressor, diferença entre espécies na utilização da glicose, e alta capacidade de recuperação ao estresse por essa espécie. A imposição do manuseio e captura pré-transporte induziram a glicogenólise no *S. melanoderdatum*. No entanto, estes estressores não provocaram liberação de catecolaminas e corticosteróides em níveis suficientes na circulação dos peixes, o que impediu a continuação da quebra do glicogênio hepático, uma vez que as vias fisiológicas se readaptaram. Além disto, o transporte não exerceu estresse suficiente para induzir quebra de glicose significativa, e as concentrações desta encontradas nos tratamentos submetidos ao transporte são reflexo do estresse induzido pela despesca, uma vez que a glicose costuma ser liberada 1 hora após a imposição de um estresse agudo.

Os peixes de água doce possuem fluídos internos hipertônicos em relação ao meio aquático que os circundam, o que provoca a perda de íons do sangue para o ambiente externo por difusão passiva. Na tentativa de manter o equilíbrio osmótico e a homeostase, esses peixes absorvem água por osmose e produzem urina bem diluída (EVANS *et al.*, 2005; McCORMICK, 2001). A captação iônica nestes organismos é realizada através das células de cloreto (ionócitos), ricas em mitocôndrias, e presentes no epitélio branquial (EVANS *et al.*, 2005; RUALES & TORRES, 2010).

Outra influência do estressor é a diminuição da capacidade de absorção e manutenção de íon pelas brânquias, uma vez que as catecolaminas aumentam a permeabilidade do epitélio branquial e provocam a perda de íons pelas junções celulares, além da elevação da absorção de água e a indução do aumento do efluxo de eletrólitos pelas células de cloreto, ocasionando desequilíbrio osmorregulatório (REDDING & SCHRECK, 1983; McDONALD & MILIGAN, 1997; WENDELAAR BONGA, 1997). Além disto, o cortisol aumenta a atividade da enzima Na^+/K^+ -ATPase, e a área da membrana apical exposta, densidade e proliferação das células de cloreto (PERRY & LAURENT, 1993).

No presente estudo, o surubim do Iguaçu obteve menor concentração de cloreto e sódio séricos no tratamento pós-despesca ($113,4 \pm 2,97 \text{ mmolL}^{-1}$; $139,5 \pm 0,42 \text{ mmolL}^{-1}$), quando comparado com os tratamentos submetidos ao transporte. A diminuição ocorreu concomitante ao aumento nos níveis de cortisol sérico pelos procedimentos de manipulação e captura. Os altos níveis de cortisol podem ter proporcionado desestruturação das células do epitélio branquial, e consequentemente, aumento da área exposta das junções celulares (localizadas entre as células de cloreto e as células pavimentares) ocasionando perda de Cl^- por esta estrutura. Mudanças na permeabilidade branquial por conta da secreção de catecolaminas, induzida pelo estresse, facilita a circulação de sódio e cloreto do plasma para a água, diminuindo a quantidade destes íons na circulação do peixe (BILLER *et al.*, 2008). Esta permeabilidade também pode ter sido intensificada pela diminuição do muco, o qual serve como uma barreira fina de proteção entre o sangue do peixe e o ambiente externo contra a perda de íons, devido ao manuseio e captura com rede (WURTS, 2005; KUBITZA, 2007).

Juvenis de matrinxã expostos a transporte em diferentes densidades de estocagem mostraram diminuição do cloreto plasmático (URBINATI *et al.*, 2004). Exemplos de *Stizostedion vitreum* tiveram redução do cloreto plasmático após procedimentos de captura e transporte (BARTON *et al.*, 2003) e exemplares de truta arco-íris após confinamento (RUANE *et al.*, 1999). O efluxo de Na^+ e Cl^- aumentou em *Carrassius auratus* após manipulação (EDDY & BATH, 1979) e no *Micropterus dolomieu* após transporte e manuseio (CARMICHAEL *et al.*, 1983). Woodward & Strange, 1987 relataram que após exposição a um estressor agudo, a truta arco-íris mostrou diminuição do cloreto plasmático simultânea ao aumento do cortisol, como foi relatado para o presente estudo com surubim do Iguaçu. Todos os autores

atribuíram este desequilíbrio ionorregulatório à liberação de catecolaminas devido a situações estressoras.

Os níveis de cloreto e sódio séricos nos exemplares de *S. melanodermatum* mostraram uma propensão à elevação após o transporte, acompanhando a melhora nas condições fisiológicas demonstrada pela diminuição do cortisol. Esta elevação foi proporcional à quantidade de sal dissolvido na água da caixa de transporte, 0; 0,4 e 0,8% respectivamente, sendo as maiores concentração encontradas no tratamento com 0,8% de NaCl. Isto evidencia a busca dos organismos ao retorno do equilíbrio iônico e ao reestabelecimento de seus fluídos internos, e previne os organismos da hidratação excessiva e da perda de sais, mantendo ativa a funcionalidade dos rins (WURTS, 1995). Os influxos de sódio e cloreto também aumentaram em alevinos de *Rhamdia quelen* (GOMES *et al.*, 1999) e em pirarucu (GOMES *et al.*, 2006) submetidos a transporte contendo diferentes concentrações de NaCl dissolvido. Carneiro & Urbinati, 1991 encontraram menor perda de íons pelo Matrinxã em água com 0,6% de adição de sal. A utilização de concentrações adequadas de sais na água de transporte reduz o gradiente iônico entre a água e o plasma do peixe, minimizando o estresse ocasionado pelo desequilíbrio iônico e consequentemente o efluxo dos íons, além de estimular a produção de muco sobre o epitélio das brânquias dificultando a passagem dos eletrólitos pelas membranas celulares (WURTS, 1995).

O tratamento que continha a maior quantidade de cloreto de sódio, 0,8%, evidenciou uma hipercalcemia ($4,0 \pm 0,32 \text{ mgdL}^{-1}$), a qual está relacionada com a elevada concentração de sódio sérico encontrada neste tratamento. Isto ocorre devido à troca ativa entre íons $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ na membrana basolateral, contribuindo para retirada do excesso de Na^+ no sangue e para a captação de cálcio (FLIK & VERBOST, 1993). Em juvenis de pirarucu submetidos a transporte, ocorreu um aumento do influxo de cálcio no tratamento que continha a maior quantidade de sal dissolvido na água de transporte (GOMES *et al.*, 2006).

O potássio sérico apresentou sua maior concentração nos peixes do tratamento pós-despesca, $6,7 \pm 0,22 \text{ mmolL}^{-1}$, simultaneamente ao aumento nos níveis de cortisol. O K^+ é um íon intracelular e o estresse provoca seu extravasamento celular, pois induz um aumento do volume celular nos eritrócitos, o que resulta em aumento da fragilidade destas células (TURNER *et al.*, 1983). Estudos que sujeitaram juvenis de pacu (BILLER *et al.*, 2008), *Micropterus*

dolomieu (CARMICHAEL *et al.*, 1983), truta marrom (RUANE *et al.*, 1999) e matrinxã (CARNEIRO & URBINATI, 2001) ao estresse, associaram o aumento nos níveis de potássio sérico à ruptura celular, a qual foi evidenciada por coloração mais avermelhada nas amostras de sangue em peixes estressados (DVELY *et al.*, 1977). No entanto, no presente experimento, como observado por Adams *et al.*, 1985 em truta arco-íris expostas a acidificação, a hemólise da célula não ficou evidente na hora da realização dos procedimentos de análise e de retirada do sangue. Portanto, a liberação de potássio pode ter sido em função da tentativa dos organismos em evitar o aumento do volume celular, através da excreção de alguns de seus eletrólitos e de água, o que leva a redução regulatória do volume da célula (SILVA & VALOTTA, 2006). A tendência ao reestabelecimento fisiológico, apresentada pelo cortisol após o transporte, influenciou na concentração de potássio sérico no sangue, as quais retornaram a valores abaixo dos níveis basais, mostrando reequilíbrio eletrolítico.

5 CONCLUSÃO

O cloreto de sódio, em concentração de 0,4% de NaCl, mostrou tendência mitigadora a reposta ao estresse induzida pelo procedimento de transporte. Os manejos pré-transporte, como captura com rede e manuseio, induziram a respostas fisiológicas ao estresse mais severas do que o próprio transporte, refletidas através de alterações osmorregulatórias e pela liberação de cortisol no sangue dos juvenis de surubim do Iguaçu.

A fim de complementar os resultados obtidos neste trabalho, visando aperfeiçoar o processo de transporte com *S. melanoderdatum*, outros estudos são necessários para avaliar o quanto juvenis desta espécie suportam de variação na salinidade e o quanto a sua preferência por ambientes escuros influencia em seu bem-estar e desempenho produtivo.

REFERÊNCIAS

ACERETE, L.; BALASH, J.C.; ESPINOSA, E.; JOSA, A.; TORT, L. Physiological responses in eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L.) subjected to stress by transport and handling. **Aquaculture**, v.237, p.167-178, 2004.

ADAMANTE, W.B. **Estresse de alevinos do dourado e mandi sob diferentes densidades e tempos de transporte**. 39f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

ADAMS, S.M.; BURTIS, C.A.; BEAUCHAMP, J.J. Integrated and individual biochemical responses of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to varying durations of acidification stress. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.82c, n.2, p.301-310, 1985.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; SUZUKI, H.I., JUNIOR, H.F.J. Riscos da implantação de cultivos de espécies exóticas em tanques-redes em reservatórios do Rio Iguaçu. **Caderno da Biodiversidade**, v.2, n.2, 1999.

AGOSTINHO, A. A.; PAVANELLI, C. S.; SUZUKI, H. I. ; LATINI, J. D.; GOMES, L. C. HAHN, N. S.; FUGI, R.; DOMINGUES, W. M. **Reservatório de Salto Caxias: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: UEM/Nupelia/Copel, 2002. p.272.

ALMAZÁN-RUEDA, P.; SCHRAM, J.W.; VERRETH, J.A.J. Behavioural responses under different feeding methods and light regimes of the African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. **Aquaculture**, v.231, p.347-359, 2004.

ALMAZÁN-RUEDA, P.; HELMOND, A.T.M.; J.W.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Photoperiod affects growth, behaviour and stress variables in *Clarias gariepinus*. **Journal of Fish Biology**, v.67, p.1029-1039, 2005.

APPELBAUM, S.; MCGEER, J.C. Effect of diet and light regime on growth and survival of african catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and early juveniles. **Aquaculture Nutrition**, v.4, p.157-164, 1998.

BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura. In:_. **Endocrinologia**. 2ª.ed. Santa Maria: Editoraufsm, 2009. p.151-173.

BARCELLOS, L. J. G.; SOUZA, S. M. G.; WOEHL, V.M. Estresse em peixes: fisiologia da resposta ao estresse, causas e consequências (revisão). **Boletim do Instituto da pesca**, v.26, n.1, p.99-111, 2000.

BARCELLOS, L.J.G; WOEHL, V.M.; WASSERMANN, G.F.; QUEVEDO, R.M.; ITTZÉS, I.; KRIEGER, M.H. Plasma levels of cortisol and glucose in response to capture and tank transference in *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard), a South American catfish. **Aquaculture Research**, v.32, p.121-123, 2001.

BARTON, B.A.; IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Review of Fish Diseases**, v.1, p.3-26, 1991.

BARTON, B.A. Stress in fish: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative e Comparative biology**.v. 42,p. 517-525, 2002.

BARTON, A.B.; HAUKENES, A.H.; PARSONS, B.G.; REED, J.R. Plasma cortisol and chloride stress response in juvenile walleyes during capture, transport, and stocking procedures. **North American Journal of Aquaculture**, v.65, n.3, p.210-219, 2003.

BENDHACK, F. **Respostas fisiológicas do matrinxã *Brycon amazonicus* após mudança de ambientes com diferentes concentrações de sais de cálcio e de sódio**. 97f. Tese (Doutorado em Aquicultura)- Centro de Aquicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2008.

BILLER, J.F.; BENDHACK, F.; TAKAHASHI, L.S.; URBINATI, E.C. Stress responses in juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submitted to repeated air exposure. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.30, n.1, p.89-93, 2008.

BIRON, M.; BENFEY, T.J. Cortisol, glucose and hematocrit changes during acute stress, cohort sampling, and the diel cycle in diploid and triploid brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchill). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.13, n.2, p. 153-160, 1994.

BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; COLDEBELLA, A.; MANSKE, C. **Densidade de estocagem do surubim do Iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum*) cultivados em tanque-rede no reservatório José Richa**. Trabalho apresentado no congresso ZOOTECH, Águas de Lindóia, 2009a.

BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; COLDEBELLA, A.; MANSKE, C.. **Frequência de arraçoamento de juvenis de *Steindachneridium melanoderdatum*, cultivados em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica governador José Richa**. Trabalho apresentado no congresso ZOOTECH, Águas de Lindóia, 2009b.

BITTENCOURT, F.; NEU, D.H.; DIEMER, O.; RORATO, R.R.; LUI, T.A.; FERNANDES, D.R.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A. **Transporte simulado de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*, por 12 horas em três diferentes temperaturas**. Trabalho apresentado no II Simpósio Nacional de Engenharia de Pesca e na XII Semana Acadêmica de Engenharia de Pesca, Toledo, 2010.

BRANDÃO, F. M.; GOMES, L. C.; CHAGAS, E.C. Resposta de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura, **Acta Amazonica**, v.36, n.3, p.349-356, 2006.

BRITZ, P.J.; PIENAAR, A.G. Laboratory experiments on the effect of light and cover on the behaviour and growth of African catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae). **Journal of Zoology**, v.277, p.43-62, 1992.

CARMICHAEL, G.J.; WEDMEYER, G.A.; McCraen J.P.; MILLARD, J.L. Physiological effects of handling and hauling stress on smallmouth bass. **The Progress Fish-Culturist**, v.45,n.2, p.110-113, 1983.

CARNEIRO, P.F.C; URBINATI, E.C. Salt as a stress response mitigator of matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther), during transport. **Aquaculture Research**, v. 32,p. 297-304, 2001.

DAVIS, K.B.; PARKER, N. Plasma corticosteroid stress response of fourteen species of warmwater fish to transportation. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.115, n.3, p. 495-499, 1986.

DIVELY, J.L.; MUDGE, J.E.; NEFF, W.H.; ANTHONY, A. Blood Po₂, Pco₂, and pH changes in brook trout (*Salvelinus fontinalis*) exposed to sublethal levels of acidity. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.57^a, p.347-351, 1977.

EDDY, F.B.; BATH, R.N. Effects of Lanthanum on sodium and chloride fluxes in the goldfish *Carassius auratus*. **Journal of Comparative physiology**, v.129, p.145-149, 1979.

EVANS, D.H.; PIERMARINI, P.M.; CHOE, K.P. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. **Physiological Reviews**, v.85, p.97-177, 2005.

FAGUNDES, M.; URBINATI, E.C. Stress in pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) during farming procedures. **Aquaculture**, v.276, p. 112-119, 2008.

FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R.; REIDEL, A.; SIGNOR, A.; HERMES, C. A.; COLDEBELLA, A. Proporções corporais do surubim *Steindachneridion* sp (Eigenmann & Eingenmann, 1919) (Pisces: Pimelodidae) em três diferentes idades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 12., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: AEP/Sul, FAEP-BR, 2001.

FEIDEN, A., C. HAYASHI, W. R. BOSCOLO & A. SIGNOR. Desenvolvimento do surubim do Iguaçu (*Steindachneridion* sp., Garavello (1991) (Siluroidei: Pimelodidae) em ambiente escuro durante a fase inicial, alimentado com diferentes dietas. Semina: **Ciências Agrárias**, 26: 109-116, 2005

FEIDEN, A.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Desenvolvimento de larvas de surubim-do-iguaçu (*Steindachneridion melanoderdatum*) submetidas a diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p. 2203-2210, 2006a.

FEIDEN, A.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; REIDEL, A. Desenvolvimento de larvas de *Steindachneridion* sp. em diferentes condições de refúgio e luminosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p. 133-137, 2006b.

FLIK, G.; VERBOST, P.M. Calcium transport in fish gills and intestine. **The Journal of Experimental Biology**, v. 184, p.17-29, 1993.

FLOS, R.; REIG, L.; TORRES, P.; TORT, L. Primary and secondary stress responses to grading and hauling in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Aquaculture**, v.71, p.99-106, 1988.

GARAVELLO, J.C. Descrição do gênero *Steindachneridion* Eigenmann & Eigenmann, 1919 (Pisces, Ostariophysi, Pimelodidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 1991, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zoologia, 1991. p.295.

GARAVELLO, J.C. Revision of genus *Steindachneridion* (Siluriformes: Pimelodidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 3, n.4, p.607-623, 2005.

GOMES, L.C.; GOLOMBIESKI, J.I.; GOMES, A.R.C.; BALDISSEROTTO, B. Effect of salt in the water for transport on survival and on Na⁺ and K⁺ body levels of silver satfish, *Rhamdia quelen*, fingerlings. **Journal Applied Aquaculture**, v. 9, n.4, p.1-9, 1999.

GOMES, L.C.; ARAUJO-LIMA, A.R.M.; ROUBACH, R.; URBINATI, E.C. Avaliação dos efeitos da adição de sal e da densidade no transporte de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n.2, p. 283-290, 2003.

GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; BRINN, R.P.; ROUBACH, R.; COPPATI, C.E.; BALDISSEROTTO, B. Use of salt during transportation o air breathing pirarucu juveniles (*Arapaima gigas*) in plastic bags. **Aquaculture**, v.256, p.521-528, 2006.

GONÇALVES, A.F.N.; TAKAHASHI, A.S.; URBINATI, E. E.; BILLER, J.D.; FERNANDES, J.B.K. Transporte de juvenis de curimatá, *Prochilodus lineatus*, em diferentes densidades. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.2, p.205-211, 2010.

HAN, D.; XIE, S.; LEI, W.; ZHU, X.; YANG, Y. Effect of light intensity on growth, survival and skin color of juvenile Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther). **Aquaculture**, v.284, p.299-306, 2005.

HOSSAIN, M.A.R.; BEVERIDGE, C.M.; HAYLOR, G.S. The effects of density, light and shelter on the growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) fingerlings. **Aquaculture**, v.160, p.251-258.

INOUE, L. A. K.A. **Resposta do matrinxã (*Brycon cephalus*) a anestésicos e estressores**. 167f. Tese (Doutorado em genética e evolução)- Centro de Saúde da Universidade São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2005.

IVERSEN, M.; FINSTAD, B.; NILSSEN, K.J. Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. **Aquaculture**, v.168, p.387-394, 1998.

IWAMA, G.K.; AFONSO, L.O.B.; TODGHAM, A.; ACKERMAN, P.; NAKANO, K. Are hsps suitable for indicating stressed in fish?. **The Journal of Experimental Biology**, v.207, p.15-19, 2004.

JOHNSON, D.L.; METCALF, M.T. Causes and controls of freshwater drum mortality during transportation. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.111, n.1, p. 58-62, 1992.

KUBITZA, F. Transporte de peixes vivos. **Panorama da Aqüicultura**, v.7, n. 43 p. 20- 26, 1997.

KUBITZA, F. A versatilidade do sal na piscicultura. **Panorama da Aqüicultura**, v. 103, p. 14- 23, 2007.

LABARRÈRE, C.R.; FARIA, P.M.C.; TEIXEIRA, E.A.; MELO, M.M. Blood chemistry profile of surubim hybrid fish (*Pseudoplatystoma reticulatum* X *P. corruscans*) raised in different stocking densities. **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, n.3, p.251-258, 2013.

LERMEN,C.L.; LAPPE,R.; CRESTANI,M.; VIEIRA,V.P.; GIODA,C.R.; SCHETINGER,M.R.C; BALDISSEROTTO,B.; MORAES,G.; MORSCH,V.M. Effects of different temperature regimes on metabolic and blood parameters of silver catfish *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v.239, p. 497-507, 2004.

LIMA, L. C.; RIBEIRO, L.P.; LEITE, R.C.; MELO, D.C. Estresse em peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 30, n.3/4, p.113-117, 2006.

MAFEZZOLI, G.; NUÑER,A.P.O. Crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.28, n.1, p.41-45, 2006.

MAZEAUD, M. M.; MAZEAUD, F.; DONALDSON, E. M. Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review. **Transactions of the American Fisheries Society**. Bethesda, v. 106, n. 3, p. 201-212, 1977.

McCORMICK, S.D. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. **American Zoologist**, v.41, p.781-794, 2001.

McDONALD, D.G.; MILLIGAN, C.L. Ionic, osmotic and acid-base regulation in stress. In: SHRECK, C.; IWAMA, G.; PICKERING, A.; SUMPTER, J. **Fish stress and health in aquaculture**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. e-book. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=xKKBmYE7WXwC>> Acesso em: 03/09/2013

MOMMSEN, T.P.; Vijayan, M.M.; Moon, T.W. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 9, p.211-268, 1999.

NAKATANI, K., A. A. AGOSTINHO, G. BAUMGARTNER, A. BIALETZKI, P. V. SANCHES, M. C. MAKRAKIS & C. S. PAVANELLI. **Ovos e Larvas de Peixes de Água Doce: Desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: Eduem, 2001.

OBA, E. T.; MARIANO, W. S.; SANTOS, L. R. B. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. In: TAVARES-DIAS, M. **Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. p. 226-247.

OLIVEIRA, A.M.B.M.S.; CYRINO, J.E.O. Estresse dos peixes em piscicultura intensiva. Disponível em: < <http://blog.projetopacu.com.br/wp-content/uploads/Artigo-estresse-dos-peixes-em-piscicultura-intensiva.pdf>>. Acesso em: 27/03/2013.

OLIVEIRA, J.R.; CARMO, J.L.; OLIVEIRA, K.K.C.; SOARES, M.C.F. Cloreto de sódio, benzocaína e óleo de cravo-da-índia na água de transporte de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1163-1169, 2009.

PERRY, S.F.; LAURENT, P. Environmental effects on fish gill structure and function. In: RANKIN, J.C.; JENSEN, F.B. **Fish Ecophysiology**. London: Chapman & Hall Fish and Fisheries Series, 1993. p.231-264

PIAIA, R.; TOWNSEND, C.R.; BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of fingerlings of silver catfish exposed to different photoperiods. **Aquaculture International**, v.7, p.201-205, 1999.

REDDING, J.M.; SCHRECK, C.B. Influence of ambiente salinity on osmorregulation and cortisol concentration in yearling coho salmon during stress. **Transactions of American Fisheries Society**, v.112, n.6, p.800-807, 1983.

ROBERTSON, L.; THOMAS, P.;ARNOLD, C.R.; TRANT, J.M. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum to handling, transport, rearing density, and a disease outbreak. **The Progressive Fish-Culturist**, v.49, n.1, p.1-12, 1987.

ROBERTSON, L.; THOMAS, P. ARNOLD, C.R. Plasma cortisol and secondary stress responses of cultures red drum (*Sciaenops ocellatus*) to several transportation procedures. **Aquaculture**, v.68, p.115-130, 1988.

RUALES, C.A.D.; TORRES, W.V. Transporte iónico en el epitélio branquial de peces de agua dulce. **Revista Lasallista de Investigación**, v.7, n.1, p. 85-99, 2010.

RUANE, N.M.; WENDELAAR BONGA, S.E.; BALMA, P.H.M. Differences between rainbow trout and brown trout in the regulation of the pituitary-interranal axis and physiological performance during confinement. **General and Comparative Endocrinology**, v.115, p.210-219, 1999.

RUANE, N.M.; HUISMAN, E.A.; KOMEM, J. Plasma cortisol and metabolite level profiles in two isogenic strains of common carp during confinement. **Journal of Fish Biology**, v.59, p.1-12, 2001.

SERRA, M.; WOLKERS, C.P.B.; HOSHIBA, M.A.; URBINATI, E.C. Physiological responses of piau (*Leporinus friderici*, Bloch 1794) to transportation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2641-2645, 2011.

SEVERI, W. & A. A. M. CORDEIRO. **Catálogo de peixes da bacia do rio Iguaçu**. Curitiba: IAP, 1994.

SILVA, J.F.M.; VALOTTA, L.A. Mecanismo de osmorregulação em animais I: In: **TÓPICOS EM FISIOLOGIA COMPARATIVA-USP**. São Paulo: USP, 2006. p. 17-19.

SILVEIRA, S.S.; LOGATO, P.V.R.; PONTES, E.V. Fatores estressantes em peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n.4, p.1001-1017, 2009.

SOARES, E.C.; ANJOS, G.M.; LINO, J.J.S.; BARBOSA, J.M.; SANTOS, N.L.; SANTOS, R.B.; PINHEIRO, D.M.; ALBUQUERQUE, A.A. Estresse no transporte de juvenis de tambaqui e tilápia- do-nilo. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 2, p. 79-88, 2009.

SRIVASTAVA, S.; CHOUDHARY, S.K. Effect of artificial photoperiod on the blood cell indices of the catfish. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v.6, n.1, p.22-32, 2010.

TAKAHASHI, L. S.; ABREU, J. S.; BILLER, J. D.; URBINATI, E. C. Efeito do ambiente pós-transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus mesopotamicus*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 4, p. 469-475, 2006

TOMASSO, J.R. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. **Reviews in Fisheries Science**, v.2, n.4, 291-314, 1994.

TURNER, J.D.; WOOD, C.M.; CLARK, D. Lactate and próton dynamics in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **The Journal of Experimental Biology**, v.104, p.247-268, 1983.

URBINATI, E.C.; ABREU, J.S.; CAMARGO, A.C.S.; PARRA, M.A.L. Loding and transport stress of juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*, Characidae) at various densities. **Aquaculture**, v. 229, p.389-400, 2004.

WEDEMEYER, G. A.; BARTON, B. A.; McLEAVY, D. J. Stress and acclimation. In: SCHRECK, C. B.; MOYLE, P. B. **Methods for fish biology**. Bethesda: American Fisheries Society, 1990. p. 451-490.

WEIRICH, C.R. Transportation and stress mitigation. In: HARREL, R. M. **Striped Bass and Other Morone Culture**. Cambridge: Elsevier, 1997. p.p. 185-216.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiology Reviews**, v. 77, n. 3, p. 591-625, 1997.

WOODWARD, C.C.; STRANGE, R.J. Physiological stress response in wild and hatchery-reared rainbow trout. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.116, n.4, p. 574-579, 1987.

WURTS, W.A. Using salt to reduce handling stress in chanel catfish. **World Aquaculture**, v. 26, p. 80-81, 1995

ZAMINHAN, M.; FRIES, E.M.; MALUF, M.L.F.; LUCHESI, J.D.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W.R. Hematologia do surubim-do-iguaçu (*Steindachneridion melanoderdatum*). In:II SIMPÓSIO NACIONAL de ENGENHARIA DE PESCA E XII SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PESCA, 2010.